

PAT-NO: JP410111804A
DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 10111804 A
TITLE: DEVICE AND METHOD FOR COORDINATIVE INFERENCE
PUBN-DATE: April 28, 1998

INVENTOR-INFORMATION:
NAME
KAWAMURA, TAKAHIRO
KASE, NAOKI

ASSIGNEE-INFORMATION:
NAME COUNTRY
TOSHIBA CORP N/A

APPL-NO: JP08264007
APPL-DATE: October 4, 1996

INT-CL (IPC): G06F009/44

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To make it possible to adopt a proper negotiation strategy for tackling a complicated problem, easily settle negotiations, and improve the efficiency of problem solution by autonomously changing the negotiation strategy of each problem solving means into a proper strategy according to a negotiation history, an internal state, and an external state.

SOLUTION: Each problem solving means is equipped with a communication part 21 which exchanges messages with other problem solving means, an inference part 22 which solves a given scheduling problem, an inference result storage part 23 which stores a generated schedule, and a state storage part 24 which stores a

negotiation history, a current internal state, and a current external state. A strategy selection part 26 selects a negotiation strategy according to information stored in a data base 25 stored with negotiation strategies and the state storage part 24 and indicates it to the inference part 22. Then negotiations are settled by making a change into a proper negotiation strategy with a given problem to improve the efficiency of problem solution of the coordinate inference decision eventually.

COPYRIGHT: (C) 1998, JPO

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-111804

(43)公開日 平成10年(1998) 4月28日

(51)Int.Cl.⁶

G 0 6 F 9/44

識別記号

5 5 2

F I

G 0 6 F 9/44

5 5 2

審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全 14 頁)

(21)出願番号 特願平8-264007

(22)出願日 平成8年(1996)10月4日

(71)出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72)発明者 川村 隆浩

神奈川県川崎市幸区柳町70番地 株式会社

東芝柳町工場内

(72)発明者 加瀬 直樹

神奈川県川崎市幸区柳町70番地 株式会社

東芝柳町工場内

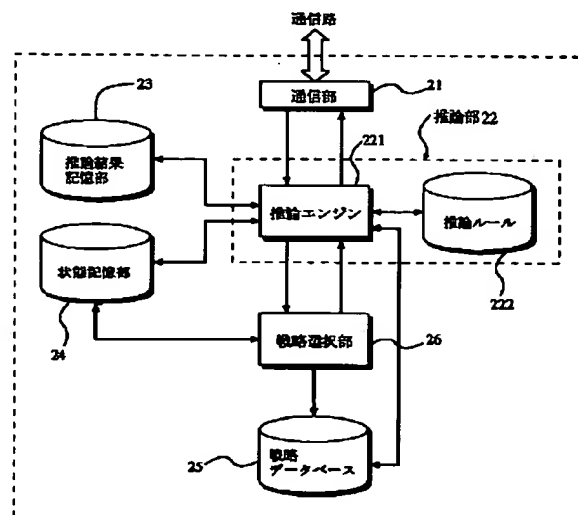
(74)代理人 弁理士 外川 英明

(54)【発明の名称】 協調型推論装置及び協調型推論方法

(57)【要約】

【課題】 本発明の課題は、エージェント間の交渉において、書くエージェントが交渉戦略を変更しながら効率的に推論を行う協調型推論装置および協調型推論方法を提供することである。

【解決手段】 各問題解決手段が、問題解決手段間の優先順位(役割)という観点と、自身の問題解決手段と交渉相手である他の問題解決手段との取引における要求の余裕度(度合い)という観点とからなる交渉戦略を記憶した戦略データベースを有し、交渉において自身と交渉相手との交渉履歴、現在の内部状態および外部状態等に応じて、使用する交渉戦略を自律的に変更する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】複数の問題解決手段が協調推論することにより所定の問題を解決する協調型推論装置において、一の問題解決手段は、所定の推論結果を得るための第1のルールを記憶した第1の記憶手段と、他の問題解決手段との間で交渉を行うための第2のルールを記憶した第2の記憶手段と、前記他の問題解決手段との間の交渉の過程で得られる所定の情報を記憶する第3の記憶手段と、前記所定の情報および前記第2のルールに基づいて、所定の交渉戦略を選択する選択手段と、前記第1のルールおよび前記所定の交渉戦略に基づいて、所定の推論を行う推論手段と、を備えたことを特徴とする協調型推論装置。

【請求項2】複数の問題解決手段が協調推論することにより所定の問題を解決する協調型推論装置において、一の問題解決手段は、他の問題解決手段との間で通信するための第1の通信手段と、所定の推論結果を得るための第1のルールを記憶した第1の記憶手段と、前記他の問題解決手段との間で交渉を行うための第2のルールを記憶した第2の記憶手段と、前記他の問題解決手段との間の交渉の過程で得られる所定の情報を記憶する第3の記憶手段と、前記所定の情報および前記第2のルールに基づいて、所定の交渉戦略を選択する選択手段と、前記第1のルールおよび必要に応じて前記所定の交渉戦略に基づいて、所定の推論を行う推論手段とを備え、前記他の問題解決手段は、前記一の問題解決手段との間で通信するための第2の通信手段と、前記第2の通信手段から得られた内容に基づいて、所定の目標を達成することができるか否かを推論し、該推論結果を前記第2の通信手段に送出する第2の推論手段と、を備えたことを特徴とする協調型推論装置。

【請求項3】前記第3の記憶手段は、他の問題解決手段に対する処理の要求が拒絶された回数を所定の情報として記憶することを特徴とする請求項1または2記載の協調型推論装置。

【請求項4】前記第2の記憶手段は、前記一の問題解決手段自身の問題処理と前記他の問題解決手段から送出された問題処理との間の優先度と、前記一の問題解決手段が前記他の問題解決手段に問題解決を要求する際の要求値に対する余裕度とを有する前記第2のルールを記憶することを特徴とする請求項1ないし3記載の協調型推論装置。

【請求項5】複数の問題解決手段が協調推論することにより所定の問題を解決する協調型推論方法において、

一の問題解決手段は、

所定の推論結果を得るための第1のルールを記憶した第1の記憶手段と、

他の問題解決手段との間で交渉を行うための第2のルールを記憶した第2の記憶手段と、

前記他の問題解決手段との間の交渉の過程で得られる所定の情報を記憶する第3の記憶手段とを備え、

前記所定の情報および前記第2のルールに基づいて、所定の交渉戦略を選択するステップと、

10 前記第1のルールおよび前記所定の交渉戦略に基づいて、所定の推論を行う推論ステップと、からなることを特徴とする協調型推論方法。

【請求項6】複数の問題解決手段が協調推論することにより所定の問題を解決する協調型推論方法において、一の問題解決手段は、

他の問題解決手段との間で通信するための第1の通信手段と、

所定の推論結果を得るための第1のルールを記憶した第1の記憶手段と、

20 前記他の問題解決手段との間の交渉を行うための第2のルールを記憶した第2の記憶手段と、

前記他の問題解決手段との間の交渉の過程で得られる所定の情報を記憶する第3の記憶手段とを備え、

前記他の問題解決手段は、

前記一の問題解決手段との間で通信するための第2の通信手段と、

前記第2の通信手段から得られた内容に基づいて、所定の目標を達成することができるか否かを推論し、該推論結果を前記第2の通信手段に送出する第2の推論手段と

30 を備え、

前記一の問題解決手段は、

前記所定の情報および前記第2のルールに基づいて、所定の交渉戦略を選択する選択ステップと、

前記第1のルールおよび前記所定の交渉戦略に基づいて、

所定の推論を行う第1の推論ステップと、

前記第1の推論ステップにより、他の問題解決手段に対して所定の交渉が必要であると推論された場合に、前記第1の通信手段を介して、前記他の問題解決手段に対して交渉を行うステップとを行い、

40 前記他の問題解決手段は、

前記一の問題解決手段からの交渉に対し、前記第2の推論手段を用いて該交渉を成立させるべきか否かを推論し、該推論結果を前記一の問題解決手段に送出するステップを行い、

前記一の問題解決手段は、

前記他の問題解決手段からの推論結果を、前記第3の記憶手段に記憶するステップを行うことを特徴とする協調型推論方法。

【請求項7】前記第3の記憶手段は、他の問題解決手段に対する処理の要求が拒絶された回数を所定の情報とし

て記憶することを特徴とする請求項1または2記載の協調型推論方法。

【請求項8】前記第2の記憶手段は、前記一の問題解決手段自身の問題処理と前記他の問題解決手段から送出された問題処理との間の問題処理の優先度と、前記一の問題解決手段が前記他の問題解決手段に問題解決を要求する際の要求値に対する余裕度とを有する前記第2のルールを記憶することを特徴とする請求項1ないし3記載の協調型推論方法。

【請求項9】複数の問題解決手段が協調推論することにより所定の問題を解決する協調型推論を実行するプログラムを記憶した記憶媒体であって、他の問題解決手段との間で交渉を行うための所定のルールと、前記他の問題解決手段との間の交渉の過程で得られる所定の情報とに基づいて、所定の交渉戦略を選択させる手段と、所定の推論結果を得るための所定のルールと、前記所定の交渉戦略とに基づいて、所定の推論を行わせる手段と、を実行するプログラムを記憶した記憶媒体。

【請求項10】複数の問題解決手段が協調推論することにより所定の問題を解決する協調型推論を実行するプログラムを記憶した記憶媒体であって、他の問題解決手段との間の交渉を行うための第2のルールと該他の問題解決手段との間の交渉の過程で得られる所定の情報とに基づいて、一の問題解決手段に所定の交渉戦略を選択させる手段と、所定の推論結果を得るための第1のルールおよび前記所定の交渉戦略とに基づいて、前記一の問題解決手段に第1の推論を行わせる手段と、前記第1の推論ステップにより、前記他の問題解決手段に対して所定の交渉が必要であると推論された場合に、前記一の問題解決手段に前記他の問題解決手段に対して交渉を行わせる手段と、前記一の問題解決手段からの交渉に対し、前記他の問題解決手段に該交渉を成立させるべきか否かを推論させ、該推論結果を前記一の問題解決手段に送出させる手段、前記他の問題解決手段からの推論結果を、前記一の問題解決手段に取得させる手段と、を実行するプログラムを記憶した記憶媒体。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、複数のエージェントが協調して問題解決を行う協調型推論装置及び協調型推論方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】近年のコンピュータネットワーク技術の進歩により、複数の推論ユニットを用いて処理を行う分散型の問題解決方法が提案されている。この分散型の問題解決方法においては、推論ユニットそれぞれが、独自

に問題解決のための目標を定め、そのために取り得る処理の手順を推論する。この場合、自身の推論の結果が、他の推論ユニットの推論の結果と矛盾を生じたり、自身の推論の結果のみでは、問題が解決できない場合があるため、他の推論ユニットとの間で情報交換を行って処理手順を修正し、全体として整合性のある処理を行うように構成することがある。この情報交換の手順を交渉という。現在までに、契約ネットプロトコルや統合交渉プロトコル等の交渉プロトコルが提案されている。

10 【0003】契約ネットプロトコルは、市場原理を模倣したものであり、タスク割り当てのための情報交換の手順を定義したものである。ここで、問題解決の過程において発生し、当該推論ユニット単独では解決できない課題や、他の推論ユニットへ問題解決を依頼した方が効率的な課題をタスクと呼ぶこととする。タスクを保有する推論ユニット（マネージャ）がタスクを公告すると、他の推論ユニット（契約者）は、それぞれの状況に応じて該タスクを実行する契約を行うかどうかを推論し、契約を行うべきと推論した場合には、入札を行う。

20 【0004】なお、どの推論ユニットもタスクを公告する場合には、マネージャの立場になりうる。入札は、入札する側の推論ユニットがどの程度のコストでタスクを請け負えるかを添付して行う。このコストは、たとえば、現在の負荷やタスクの処理所要時間等である。公告を行った推論ユニットは、入札ごとの条件を比較し、最適な条件を提示した推論ユニットに対してタスクを落札する。たとえば、いくつかのユニットが協調してジョブをスケジューリングする場合、自己のタイムテーブルに配置できないジョブをタスクとして他の推論ユニットに振り替えることが考えられる。

30 【0005】契約ネットプロトコルについては、R.G.Smith氏の論文「The Contract Net Protocol: High-Level Communication and Control in a distributed problem Solver (IEEE transactions on Computers, Vol.29, No.12, pp.1104-1113, 1980)」に詳しい。

【0006】一方、統合交渉プロトコルは、各推論ユニットが自分の行動プランの効用を最大化するという目的のために行動し、これによって推論ユニット間の競合状態や協調の可能性に関して、合意点を見出す方式を定義したものである。

40 【0007】ここでは、各推論ユニットが自分の都合に基づいてプランの作成を行い、各プランを結合したジョイントプランを得る。さらに、ジョイントプランの中の各プランについてコストを計算し、コストを差し引いた効用が各推論ユニットにとって最もプラスとなるプランの集合（交渉集合）を得る。

【0008】この交渉集合によって競合・妥協・協調状況を定義し、各ユニットが自分に最も有益な妥協案をプランとして採用する。すなわち、「協調」は、双方が歓迎する妥協案がある場合をいう。「妥協」は、最善では

ないが現状より増しな妥結案がある場合をいう。また、「競合」は、妥結案がなく交渉が成立しない場合をいい、この場合は、確立的選択等を選択することにより、交渉を進める。

【0009】このような前提で、推論ユニットがそれぞれ推論した妥結案を効用の高いものから提示し、相手の提示した妥結案が自分の妥結案よりも効用が大きいときに合意する。

【0010】契約交渉プロトコルについては、G.Zlotkin氏とJ.S.Rosenschein氏の論文「Cooperation and Conflict Resolution via Negotiation Among Autonomous Agents in Non-Cooperative Domain (IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Vol.21, No.6, pp.1317-1324, 1991)」に詳しい。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】上記従来の技術においては、ユニット間でさまざまな提案が行われることによって、ユニット間での整合性が実現されることが期待され、各ユニットは、それまでの交渉で築かれた最新の推論状態を暗黙の前提として推論を進めていた。

【0012】しかしながら、実際には、他のユニットとの交渉の結果によっては、発生する可能性のある前提が複数存在したり、推論の前提としていた既存の交渉内容が覆されることがある。かかる場合、各ユニットは、複数の可能性を考慮しながら推論を進めるか前提が覆された推論をやり直す必要があった。この結果、推論の効率化が困難であった。

【0013】特に、このような従来の推論では、推論過程途中のさまざまな選択肢をツリー図の分岐と考えた場合、深さ優先探索を行うことになる。しかも、ルートに近い分岐が覆されるたびに、大幅な推論のやり直しを生じることとなる。

【0014】また、最新より少し前の交渉内容を前提に推論を行うことも考えられるが、具体的に、どの時点の交渉内容が適切であるかを判断するための基準を定めることは困難である。さらに、推論が行き詰まったために、推論をやり直す場合も、単なる事実上の提案や過程と、確定的合意事項の区別が明確でなかったため、具体的に推論のどの段階まで溯ってやり直すべきかが明確でなく、処理が困難であった。

【0015】本発明は、上記従来の課題を解決するために提案されたもので、その目的は、効率の良い交渉に基づく推論を行うことのできる協調推論装置及び協調推論方法を提供することである。

【0016】

【課題を解決するための手段】請求項1に記載された発明は、複数の問題解決手段が協調推論することにより所定の問題を解決する協調型推論装置において、一の問題解決手段は、所定の推論結果を得るための第1のルールを記憶した第1の記憶手段と、他の問題解決手段との間

で交渉を行うための第2のルールを記憶した第2の記憶手段と、前記他の問題解決手段との間の交渉の過程で得られる所定の情報を記憶する第3の記憶手段と、前記所定の情報および前記第2のルールに基づいて、所定の交渉戦略を選択する選択手段と、前記第1のルールおよび前記所定の交渉戦略に基づいて、所定の推論を行う推論手段と、を備えたことを特徴とする協調型推論装置である。

【0017】また、請求項2に記載された発明は、複数の問題解決手段が協調推論することにより所定の問題を解決する協調型推論装置において、一の問題解決手段は、他の問題解決手段との間で通信するための第1の通信手段と、所定の推論結果を得るための第1のルールを記憶した第1の記憶手段と、前記他の問題解決手段との間で交渉を行うための第2のルールを記憶した第2の記憶手段と、前記他の問題解決手段との間の交渉の過程で得られる所定の情報を記憶する第3の記憶手段と、前記所定の情報および前記第2のルールに基づいて、所定の交渉戦略を選択する選択手段と、前記第1のルールおよび必要に応じて前記所定の交渉戦略に基づいて、所定の推論を行う推論手段とを備え、前記他の問題解決手段は、前記一の問題解決手段との間で通信するための第2の通信手段と、前記第2の通信手段から得られた内容に基づいて、所定の目標を達成することができるか否かを推論し、該推論結果を前記第2の通信手段に送出する第2の推論手段と、を備えたことを特徴とする協調型推論装置である。

【0018】さらに、請求項3に記載された発明は、前記第3の記憶手段が、他の問題解決手段に対する処理の要求が拒絶された回数を所定の情報として記憶することとを特徴とする協調型推論装置である。

【0019】また、請求項4に記載された発明は、前記第2の記憶手段が、前記一の問題解決手段自身の問題処理と前記他の問題解決手段から送出された問題処理との間の優先度と、前記一の問題解決手段が前記他の問題解決手段に問題解決を要求する際の要求値に対する余裕度とを有する前記第2のルールを記憶する協調型推論装置である。

【0020】一方、請求項5に記載された発明は、方法の観点から記載したものであり、複数の問題解決手段が協調推論することにより所定の問題を解決する協調型推論方法において、一の問題解決手段は、所定の推論結果を得るための第1のルールを記憶した第1の記憶手段と、他の問題解決手段との間で交渉を行うための第2のルールを記憶した第2の記憶手段と、前記他の問題解決手段との間の交渉の過程で得られる所定の情報を記憶する第3の記憶手段とを備え、前記所定の情報および前記第2のルールに基づいて、所定の交渉戦略を選択するステップと、前記第1のルールおよび前記所定の交渉戦略に基づいて、所定の推論を行う推論ステップと、からな

ることを特徴とする協調型推論方法である。

【0021】また、請求項6に記載された発明は、複数の問題解決手段が協調推論することにより所定の問題を解決する協調型推論方法において、一の問題解決手段は、他の問題解決手段との間で通信するための第1の通信手段と、所定の推論結果を得るための第1のルールを記憶した第1の記憶手段と、前記他の問題解決手段との間の交渉を行うための第2のルールを記憶した第2の記憶手段と、前記他の問題解決手段との間の交渉の過程で得られる所定の情報を記憶する第3の記憶手段とを備え、前記他の問題解決手段は、前記一の問題解決手段との間で通信するための第2の通信手段と、前記第2の通信手段から得られた内容に基づいて、所定の目標を達成することができるか否かを推論し、該推論結果を前記第2の通信手段に送出する第2の推論手段とを備え、前記一の問題解決手段は、前記所定の情報および前記第2のルールに基づいて、所定の交渉戦略を選択する選択ステップと、前記第1のルールおよび前記所定の交渉戦略に基づいて、所定の推論を行う第1の推論ステップと、前記第1の推論ステップにより、他の問題解決手段に対して所定の交渉が必要であると推論された場合に、前記第1の通信手段を介して、前記他の問題解決手段に対して交渉を行うステップとを行い、前記他の問題解決手段は、前記一の問題解決手段からの交渉に対し、前記第2の推論手段を用いて該交渉を成立させるべきか否かを推論し、該推論結果を前記一の問題解決手段に送出するステップを行い、前記一の問題解決手段は、前記他の問題解決手段からの推論結果を、前記第3の記憶手段に記憶するステップを行うことを特徴とする協調型推論方法である。

【0022】さらに、請求項7に記載された発明は、前記第3の記憶手段が、他の問題解決手段に対する処理の要求が拒絶された回数を所定の情報として記憶することとを特徴とする協調型推論方法である。

【0023】また、請求項8に記載された発明は前記第2の記憶手段は、前記一の問題解決手段自身の問題処理と前記他の問題解決手段から送出された問題処理との間の問題処理の優先度と、前記一の問題解決手段が前記他の問題解決手段に問題解決を要求する際の要求値に対する余裕度とを有する前記第2のルールを記憶することとを特徴とする協調型推論方法である。

【0024】さらに、請求項9に記載された発明は、複数の問題解決手段が協調推論することにより所定の問題を解決する協調型推論を実行するプログラムを記憶した記憶媒体であって、他の問題解決手段との間で交渉を行うための所定のルールと、前記他の問題解決手段との間の交渉の過程で得られる所定の情報とに基づいて、所定の交渉戦略を選択させる手段と、所定の推論結果を得るための所定のルールと、前記所定の交渉戦略とに基づいて、所定の推論を行わせる手段と、を実行するプログラムを記憶した記憶媒体である。

【0025】また、請求項10に記載された発明は、複数の問題解決手段が協調推論することにより所定の問題を解決する協調型推論を実行するプログラムを記憶した記憶媒体であって、他の問題解決手段との間の交渉を行うための第2のルールと該他の問題解決手段との間の交渉の過程で得られる所定の情報とに基づいて、一の問題解決手段に所定の交渉戦略を選択させる手段と、所定の推論結果を得るための第1のルールおよび前記所定の交渉戦略とに基づいて、前記一の問題解決手段に第1の推論を行わせる手段と、前記第1の推論ステップにより、前記他の問題解決手段に対して所定の交渉が必要であると推論された場合に、前記一の問題解決手段に前記他の問題解決手段に対して交渉を行わせる手段と、前記一の問題解決手段からの交渉に対し、前記他の問題解決手段に該交渉を成立させるべきか否かを推論させ、該推論結果を前記一の問題解決手段に送出させる手段、前記他の問題解決手段からの推論結果を、前記一の問題解決手段に取得させる手段と、を実行するプログラムを記憶した記憶媒体である。

【0026】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を、図面を参照しつつ説明する。本実施形態は、概略的には、各問題解決手段が2つの観点、つまり、問題解決手段間の優先順位（役割）という観点と、自身の問題解決手段と交渉相手である他の問題解決手段との取引における要求の余裕度（度合い）という観点とからなる交渉戦略群を有し、交渉に際して自身と交渉相手との交渉履歴、及び現在の内部状態、外部状態に応じて交渉戦略を自律的に選択、変更するというものである。

【0027】本実施形態では、生産計画を立案するスケジューリングシステムおよびこのシステム上で実現される協調推論方法について説明する。スケジューリングシステムは、予め入力されたリソース情報をもとにして、与えられたジョブをリソースに配置するためのシステムである。ここで、リソース情報とは、ジョブの処理に用いる各種資源に関する情報であり、たとえば、「フライス盤が2台とボール盤が1台ある」、「作業人員が2人確保できる」といったデータである。また、ジョブとは、「製品Aを製造するために第1工程：表面を削る（工数2時間）」、「第2工程：ボール盤で穴を開ける（工数1時間）」といった処理すべき製造工程等のデータである。スケジューリングシステムは、リソースの空き状態を考慮しながら、どの工程はいつからいつまでのリソースを利用して製造するのかを決定し、最終的にすべてのジョブを資源に割り付けることを目的に問題解決を行う。

【0028】ところで、リソースのまとまりをショップと呼ぶが、生産計画は、1つのジョブごとに完結するわけではなく、ジョブによっては複数のショップを一定順序で経る必要がある。このように、生産計画ではショッ

ブ間やジョブ間の順序関係など、各種の制約関係が存在する。そのため、全工程を担当するショップの納期を考慮しながら、時工程の計画を立てなければならない等、複数のショップをそれぞれ担当する推論ユニット間では、相互間系をもってスケジューリングを行う。なお、上記の例では、「フライス盤」、「ボール盤」等がショップとなる。

【0029】このようなスケジューリングシステムにおいて、例えば、製品Aを製造するために以下のようなスケジューリング情報が与えられるものとする。製品Bや製品Cに関しても同様である。

第1工程 : 旋盤

工数 : 2h

最早開始時刻: 0

最遅終了時刻: 20

第2工程 : フライス盤

工数 : 4h

最早開始時刻: 20

最遅終了時刻: 60

第3工程 : ボール盤

工数 : 2h

最早開始時刻: 60

最遅終了時刻: 80

本実施形態では、このようなスケジューリング情報に基づいて、各ショップに対応したスケジューラ（問題解決手段に相当）1a、1b、1cが個々の作業計画表の中に、必要な時間数（工数）を確保する。ただし、各スケジューラはそれぞれ与えられた最早開始時刻と最遅終了時刻の範囲内に配置を行わなければならない。また、第2工程での作業は、当然第1工程での作業終了予定時刻より後にスケジューリングされなければならない。さらに、最終工程での作業終了予定時刻は最遅終了時刻（納期）より後にずらすことはできない。

【0030】以上のようなスケジューリング問題を想定し、本実施形態について説明する。図1は、本実施形態における協調型推論装置の概念的構成を示す図である。同図に示すように、本実施形態は、問題解決手段1a、1b、1cを有し、各問題解決手段1a、1b、1cは通信路2を用いて相互に接続されているものとする。このような問題解決手段は、各プロセッサが独立に構成されてもよいし、単一のプロセッサが、論理的に複数のプロセスを並行的に動作するように構成されてもよい。

【0031】なお、本実施形態においては、問題解決手段1a、1b、1cは、それぞれ旋盤、フライス盤、ボール盤へのジョブ配置を担当するスケジューラである。図2は、本実施形態における問題解決手段1a、1b、1cの構成を示す図である。同図に示すように、各問題解決手段1a、1b、1cは、他の問題解決手段とのメッセージ交換を行う通信部21、与えられたスケジューリング問題を解決するための推論部22、作成されたス

ケジュールを格納する推論結果記憶部23、交渉履歴や現在の内部状態、外部状態を格納しておく状態格納部24、複数の交渉戦略を納めた戦略データベース25および状態格納部24に格納されている情報に基づいて、交渉戦略を選択し、推論部22に指示する戦略選択部26からなる。なお、推論部22は、推論ルール221および推論エンジン222を有する。

【0032】戦略選択部26は、上記スケジューリング問題を解決するための戦略ルールを有する。以下、本実施形態においては、自身の問題解決手段内で発生した問題と他の問題解決手段から依頼された問題との間に処理優先度をつけるために使用する、問題解決手段間の順位という観点を「役割」と呼ぶこととする。また、自身の問題解決手段と交渉相手となる他の問題解決手段との間の取引における要求の大きさ（度合い）という観点を「取引」と呼ぶこととする。

【0033】本実施形態では、「役割」は、上位／対等／下位の3つに分類し、各問題解決手段はいずれかの「役割」を担うものとする。処理優先度に関連する問題解決手段間の順位は、上位＞対等＞下位という順番に設定される。この場合、対等として位置づけられた問題解決手段は、下位の問題解決手段から依頼された問題よりも自身の問題解決手段で発生した問題を優先するが、上位の問題解決手段から依頼された問題は自身の問題解決手段で発生した問題よりも優先させるものとする。

【0034】また、「取引」は、余裕／最小の2つに分類し、各問題解決手段は、交渉の際にいずれかの「取引」を行う。自身の問題解決手段と交渉相手との取引における要求の大きさは、余裕＞最小として設定される。この場合、余裕の取引を行う問題解決手段は、必要最小限度の要求にある程度の余裕分を加えたものを交渉相手に要求する。また、逆に交渉相手からの要求を受けた際には、要求を処理した場合、自己の余裕分を確保することができかどうかを考慮したうえで処理の可否を判断するものとする。

ルール1:

if 交渉を開始した時（初期状態）

then 「役割」=対等、「取引」=余裕

ルール2:

if 交渉において、自分が出した依頼に対して、交渉相手から拒否回答を受け取り、かつ、再度、出し直した依頼に対しても、交渉相手から拒否回答を受け取った場合（1交渉相手から2回以上の拒否回答を受け取った場合）

then 「役割」=上位、「取引」=最小

ルール3:

if 交渉において、交渉相手からの依頼に対して、拒否を回答し、再度、交渉相手から出された依頼に対しても、拒否を回答した場合（1交渉相手に対して2回以上の拒否回答をした場合）

then 「役割」=下位、「取引」=最小

この戦略選択は、初期状態では、各スケジューラは「役割」としては互いに対等な立場で交渉を行い、「取引」としては依頼を出す場合も受ける場合も余裕をもって依頼作成または依頼受諾の可否を判断するものとする。

【0035】ところが1交渉相手から2回以上の拒否回答を受け取った場合、「役割」としては上位となり、自分の配置を優先するように交渉を進めるようになる。また、「取引」としては依頼を出す場合も受ける場合も最小の範囲で依頼作成または依頼受諾の可否判断を行う。

【0036】逆に、1交渉相手に対して2回以上の拒否回答をした場合、「役割」としては下位となり、相手の配置を優先するように交渉を進めるようになる。また、「取引」としては依頼を出す場合も受ける場合も最小の範囲で依頼作成または依頼受諾の可否判断を行う。

【0037】次に、戦略選択部26における交渉戦略について説明する。図3は、各交渉戦略を分類した状態を示す図である。

「役割」=対等：仕切り変更依頼（各工程間の仕切り時刻を表す最早開始時刻または最遅終了時刻を前または後へずらすこと）を受信した場合は、依頼内容を解釈して実行可能かどうかを判断し、結果を回答する。実行不可能であっても、それを可能とするために自らが新たな依頼を出すことはない。

【0038】自身の問題解決手段内でジョブ配置の失敗が発生した場合は、与えられたジョブを配置可能とするための依頼を作成し、該当する問題解決手段に依頼を送信する。

【0039】自身が出した依頼に対する回答が拒否であった場合は、異なる仕切り変更依頼を行うか、時間をおいて再度同じ仕切り変更依頼を行う。

「役割」=上位：仕切り変更依頼を受信した場合は、依頼に対して拒否回答を行う。依頼は受け付けない。

【0040】自身の問題解決手段内でジョブ配置の失敗が発生した場合は、与えられたジョブを配置可能とするための依頼を作成し、該当する問題解決手段に依頼を送信する。

【0041】自身が出した依頼に対する回答が拒否であった場合は、異なる仕切り変更依頼を行うか、時間をおいて再度同じ仕切り変更依頼を行う。

「役割」=下位：仕切り変更依頼を受信した場合は、依頼内容を解釈し、実行可能かどうか判断する。依頼処理可能と判断した場合は、依頼に対して受諾を回答する。依頼処理不可と判断した場合は、それを可能とするために自らが新たな依頼を出す。

【0042】自身の問題解決手段でジョブ配置の失敗が発生した場合は、与えられたジョブを配置可能とするための依頼を作成し、該当するスケジューラに依頼を送信する。自分が出した依頼に対する回答が拒否であった場合は、異なる仕切り変更依頼を行うか、時間をおいて再

度同じ仕切り変更依頼を行う。

「取引」=余裕：仕切り変更依頼を受信し、実行可能かどうかを判断する場合は、仕切り時刻を変更した後に自分の側にn時間分の余裕を採ることができなければ実行不可と判断する。

【0043】仕切り変更依頼を作成する場合は、最低限必要なだけ仕切り時刻をずらした後に、n時間分の余裕を加えたうえで依頼を作成する。

「取引」=最小：仕切り変更依頼を受信し、実行可能かどうかを判断する場合は、依頼された分だけ仕切り時刻を変更することが可能であれば、自分の側に全く余裕が取れなくとも実行可能と判断する。

【0044】仕切り変更依頼を作成する場合は、最低限必要なだけ仕切り時刻をずらした後は、全く余裕分を加えずに依頼を作成する。本実施形態においては、全ての問題解決手段は、同一の戦略選択部および交渉戦略を有している。ただし、本発明は、本実施形態に限定されるものではなく、各問題解決手段は、独自の戦略選択部および交渉戦略を有していてもよい。

【0045】上記のような構成された協調型推論装置は、以下のように動作することにより、スケジューリング問題の解決を行う。ここでは、旋盤、フライス盤、ボール盤を担当する各問題解決手段1a、1b、1cに対して、それぞれ製品Aおよび製品Bの製造手順を表す、以下のようなスケジューリング情報が入力されるものとする。

「製品A」

第1工程：旋盤

工数：3

最早開始時刻：0

最遅終了時刻：5

第2工程：フライス盤

工数：3

最早開始時刻：5

最遅終了時刻：10

「製品B」

第1工程：旋盤

工数：2

最早開始時刻：0

最遅終了時刻：5

第2工程：フライス盤

工数：3

最早開始時刻：5

最遅終了時刻：10

第3工程：ボール盤

工数：2

最早開始時刻：10

最遅終了時刻：15

問題解決手段1a、1b、1cは、入力された製品A及び製品Bのスケジューリング情報に基づいて、個々の作

業計画表の中に必要な時間数(工数)を確保する。

【0046】例えば、問題解決手段1bは、推論部22を用いて、製品Aに関するジョブ(工数3)を5~10の間の適当な位置に配置する。ここでは、ジョブを前に詰めて配置することとし、5~8の間に配置する。同様に、他の問題解決手段も各推論部を用いて、与えられたジョブを配置し、図4に示すような作業計画表を作成する。

【0047】各問題解決手段1a、1b、1cは、作業計画表を作成するが、作成の過程においてジョブ配置の衝突が生じる場合には(同図点線内)、その問題解決手段は、他の問題解決手段に対して交渉を行う。

【0048】図5は、交渉時における問題解決手段の処理動作を説明するための図である。同図に示すように、一の問題解決手段において交渉が必要であると判断すると(STEP501)、該問題解決手段は、仕切り変更依頼の作成を行う(STEP502)。次に、該問題解決手段は、交渉相手として他の問題解決手段の1つを選択し、該選択された他の問題解決手段に対し、作成された仕切り変更依頼を送信する(STEP503)。

【0049】一方、選択された他の問題解決手段は、受信した仕切り変更依頼が実行可能であるか否かを判断し(STEP504)、その結果、可能であれば「受諾」を、不可能であれば「拒否」をメッセージとして返信する(STEP505)。

【0050】一の問題解決手段は、返信された依頼結果を受け取り(STEP506)、再度、交渉が必要であるか否かを判断する(STEP501)。一の問題解決手段は、以後、可能な限り上述の処理を繰り返す。

【0051】以上のような交渉の過程を、具体例をもって説明する。すなわち、図4に示した作業計画表においては、問題解決手段1aと問題解決手段1cは与えられたジョブを全て配置できているが、問題解決手段1bは製品Aと製品Bのジョブ配置を同時に行うことはできない状態となっている。そこで、問題解決手段1bはこのジョブ配置を可能にするため、他の問題解決手段と交渉を行う。

【0052】図6および図7は、各問題解決手段間の交渉の進行過程を説明するための図である。まず、問題解決手段1bは、問題解決手段1aに仕切り変更依頼を持ちかける。具体的には、問題解決手段1bの戦略選択部26は、初期状態において、「役割」=対等、「取引」=余裕、に相当する交渉戦略を戦略データベース25から取得し、推論部22に指示する。そこで、製品Bのジョブを7~10に配置した上で、製品Aのジョブ配置を可能にするため最早開始時刻を4に変更し、余裕分として1を加えて、最早開始時刻を3にするよう仕切り変更依頼を作成し、通信部21を介して問題解決手段1aに送信する(図7の1R)。

【0053】問題解決手段1aの戦略選択部26も初期

状態において「役割」=対等、「取引」=余裕、に相当する交渉戦略を戦略データベース25から取得し、推論部22に指示する。そこで、製品Aのジョブ配置の最遅終了時刻を3をすることが可能かどうかを、推論部22は推論する。問題解決手段1aでは、製品Aのジョブ配置は0~3の間に配置されているので、可能であると判断される。しかし、製品Aのジョブ配置の最遅終了時刻を3に設定すると、最早開始時刻0から最遅終了時刻3に対して工数3を割り当てることになり、余裕分の時間を探ることができなくなる。そのため、問題解決手段1aは、この依頼を拒否することを通信部を介して問題解決手段1bに送信する(図6(a)および図7のA1)。

【0054】次に、問題解決手段1bは、問題解決手段1cに仕切り変更依頼を持ちかける。問題解決手段1bは、先と同様の交渉戦略を用いて、今度は、製品Aのジョブを5~8に配置した上で、製品Bのジョブ配置を可能にするため最遅終了時刻を11に変更し、余裕分として1を加えて、最遅終了時刻12を仕切り変更依頼として送信する(図7のR2)。

【0055】問題解決手段1cも、初期状態において「役割」=対等、「取引」=余裕、の交渉戦略を取っている。そこで、製品Bのジョブ配置の最早開始時刻を12にすることが可能かどうか、および余裕分がとれるかどうかを推論する。問題解決手段1cは製品Bのジョブ(工数2)を12~15の間に配置することで、余裕分も含めて配置可能である。そのため、問題解決手段1cはこの依頼を受諾し、問題解決手段1bと問題解決手段1cの間で交渉が成立する(図6(b)および図7のA2)。その結果、製品Aおよび製品Bのジョブ配置が完了する(図6(c))。

【0056】しかしながら、与えられたスケジューリング問題によっては、「役割」=対等、「取引」=余裕、に相当する交渉戦略を用いても交渉がうまく成立しない場合がある。そのような場合は、より適した交渉戦略へと変更する必要がある。

【0057】ここでは旋盤、フライス盤、ボール盤を担当する各問題解決手段1a、1b、1cに対して、それぞれ製品Cおよび製品Dの製造手順を表す、以下のようなスケジューリング情報が入力されるものとする。

「製品C」

第1工程 : 旋盤

工数 : 3

最早開始時刻: 0

最遅終了時刻: 5

第2工程 : フライス盤

工数 : 3

最早開始時刻: 5

最遅終了時刻: 10

「製品D」

第1工程 : 旋盤

工数 : 6

最早開始時刻: 0

最遅終了時刻: 5

第2工程 : フライス盤

工数 : 2

最早開始時刻: 5

最遅終了時刻: 10

第3工程 : ボール盤

工数 : 2

最早開始時刻: 10

最遅終了時刻: 15

問題解決手段1 a, 1 b, 1 cは、入力された製品C及び製品Dのスケジューリング情報に基づいて、個々の作業計画表の中に必要な時間数(工数)を確保する。

【0058】図8は、各問題解決手段1 a, 1 b, 1 cの推論部22が与えられたジョブを配置した作業計画表の一例を示す図である。同図において、問題解決手段1 bと問題解決手段1 cとは、与えられたジョブを全て配置することができているが、問題解決手段1 aは、このままでは、製品Cと製品Dのジョブ配置を同時に行うことはできない状態となっている。そこで、問題解決手段1 aはこのジョブ配置を可能にするため、他の問題解決手段と交渉を行うこととなる。

【0059】図9および図10は、各問題解決手段間の交渉の進行過程を説明するための図である。まず、問題解決手段1 aは、問題解決手段1 bに仕切り変更依頼を持ちかける(図10のR1)。すなわち、問題解決手段1 aの戦略選択部26は、初期状態において、「役割」=対等、「取引」=余裕、に相当する交渉戦略を戦略データベースから取得し、推論部22に指示する。そこで、製品Cのジョブを0~3に配置した上で、製品Dのジョブ配置を可能にするため最遅終了時刻を9に変更し、余裕分として1を加えて、最遅終了時刻を10にするよう仕切り変更依頼を作成し、通信部21を用いて問題解決手段1 bに送信する。

【0060】問題解決手段1 bの戦略選択部26も、初期状態において、「役割」=対等、「取引」=余裕、に相当する交渉戦略を戦略データベースから取得し、推論部22に指示する。そこで、製品Dのジョブ配置の最早開始時刻を10にすることが可能かどうか、および余裕分がとれるかどうか推論部22を用いて判断する。問題解決手段1 bでは製品Dのジョブ配置の最遅終了時刻が10に設定されているので、不可能であると判断される。そのため、問題解決手段1 bはこの依頼を拒否することを通信部21を用いて問題解決手段1 aに送信する(図9(a)および図10のA1)。

【0061】次に、問題解決手段1 aは、再度問題解決手段1 bに仕切り変更依頼を持ちかける(図10のR2)。すなわち、問題解決手段1 aは先と同様の交渉戦

略を用いて、今度は製品Dのジョブを0~6に配置した上で、製品Cのジョブ配置を可能にするため最遅終了時刻を9に変更し、余裕分として1を加えて、最遅終了時刻12を仕切り変更依頼として送信する。問題解決手段1 bは、先と同様の交渉戦略を採用している。そこで、製品Cのジョブ配置の最早開始時刻を10にすることが可能かどうか、および余裕分がとれるかどうかを判断する。問題解決手段1 bでは製品Cのジョブ配置の最遅終了時刻が10に設定されているので、不可能であると判断される。そのため、問題解決手段1 bは、この依頼を拒否することを通信部21を用いて問題解決手段1 aに送信する(図9(b)および図10のA2)。

【0062】従来の交渉モデルのように、交渉戦略が固定されている場合は、この時点で問題解決手段1 aは仕切り変更不可と判断し、製品Cまたは製品Dのスケジュールは不可能となる。しかしながら、本発明に係る問題解決手段1 aは、交渉を成立させるために戦略選択部26を用いて、より適した交渉戦略への変更を行う。

【0063】すなわち、問題解決手段1 aの状態格納部24は、前2回の仕切り変更依頼が共に拒否されたことをカウントしている。問題解決手段1 aの戦略選択部26は、状態格納部24からその情報を入力し、より適した交渉戦略として「役割」=上位、「取引」=最小、に相当する交渉戦略を戦略データベースから取得し、推論部22に指示する。その上で、問題解決手段1 aは、問題解決手段1 bに再度仕切り変更依頼を持ちかける。そこで、製品Cのジョブを0~3に配置した上で、製品Dのジョブ配置を可能にするための必要最小限の変更として最遅終了時刻を9に変更するよう仕切り変更依頼を作成し、通信部21を介して問題解決手段1 bに送信する(図10のR3)。

【0064】問題解決手段1 bでは、状態格納部24が過去に2回仕切り変更依頼を拒否していることをカウントしている。問題解決手段1 bの戦略選択部26は、状態格納部24からその情報を入力し、より適した交渉戦略として「役割」=下位、「取引」=最小、に相当する交渉戦略を戦略データベースから取得し、推論部22に指示する。そこで、製品Dのジョブ配置の最早開始時刻を9にすることが可能かどうかを推論部22を用いて判断する。問題解決手段1 bでは、製品Dのジョブ配置(工数2)の最遅終了時刻が10に設定されているので、不可能であると判断される。そのため、問題解決手段1 bは、この依頼を受諾するため、自らが新たな仕切り変更依頼を出す。そこで、製品Dのジョブを最早開始時刻9に合わせて配置するために、最遅終了時刻を11に変更するよう仕切り変更依頼を作成し、問題解決手段1 cに送信する(図10のR4)。

【0065】問題解決手段1 cは、初期状態において「役割」=対等、「取引」=余裕、の交渉戦略を採用している。そこで、製品Dのジョブ配置の最早開始時刻を

17

11にすることが可能か否か、および余裕分がとれるか否かを判断する。問題解決手段1cは製品Dのジョブ（工数2）を11～15の間に配置することで、余裕分も含めて配置可能である。そのため、問題解決手段1cはこの依頼を受諾し、受託した旨を問題解決手段1bに回答する。これにより、問題解決手段1bと問題解決手段1cの間で交渉が成立する（図9（d）および図10のA3）。さらに、問題解決手段1bは、問題解決手段1aからの依頼を受諾することができるようになり、その旨を問題解決手段1aに回答する。これにより、問題解決手段1aと問題解決手段1bの間での交渉も成立する（図9（e）および図10のA4）。その結果、製品Cおよび製品Dのジョブ配置が完了する（図9（f））。

【0066】このように、与えられた問題によって適した交渉戦略へと変更することで、交渉成立を可能とし、結果的に協調型推論装置の問題解決の効率を向上させることができる。

【0067】なお、本発明は上記実施例に限定されるものではない。本発明を適用する推論問題の分野や内容、協調する問題解決手段の数、交渉戦略の分類方法などは自由である。例えば、故障診断やプラント制御に適用したり、問題解決手段を5つ以上設けたり、交渉戦略を問題解決手段固有の性質という観点を基準として分類してもよい。

【0068】

【発明の効果】以上詳述したように、本発明によれば、各問題解決手段の交渉戦略が、交渉履歴および内部状態、外部状態に応じて、自律的に適切な戦略へと変更される。それにより、複雑な問題への対処にあたって、適切な交渉戦略を採ることが可能になり、交渉成立が容易になる。また、結果として協調型推論装置の問題解決

18

の効率を向上させることが可能になる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本実施形態における協調型推論装置の概念的構成を示す図。

【図2】 本実施形態における問題解決手段1a, 1b, 1cの構成を示す図。

【図3】 各交渉戦略を分類した状態を示す図。

【図4】 本発明の実施の形態における製品A, Bに関する作業計画表の一例を示す図。

【図5】 交渉時における問題解決手段の処理動作を説明するための図。

【図6】 各問題解決手段間の交渉の進行過程を説明するための図。

【図7】 各問題解決手段間の交渉の進行過程を説明するための図。

【図8】 本発明の実施の形態における製品C, Dに関する作業計画表の一例を示す図。

【図9】 各問題解決手段間の交渉の進行過程を説明するための図。

【図10】 各問題解決手段間の交渉の進行過程を説明するための図。

【符号の説明】

1a, 1b, 1c…問題解決手段

2…通信路

21…通信部

22…推論部

221…推論ルール

222…推論エンジン

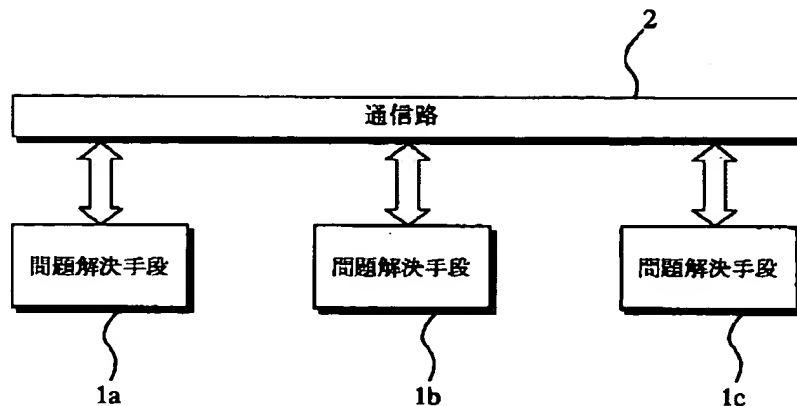
23…推論結果記憶部

24…状態格納部

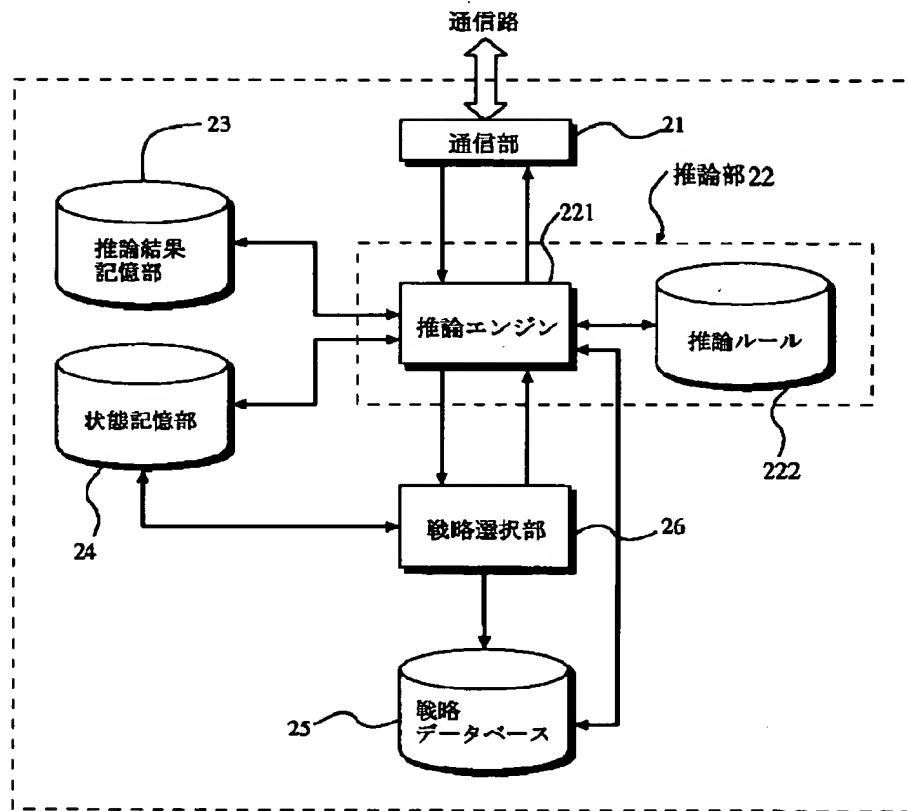
25…戦略データベース

26…戦略選択部

【図1】



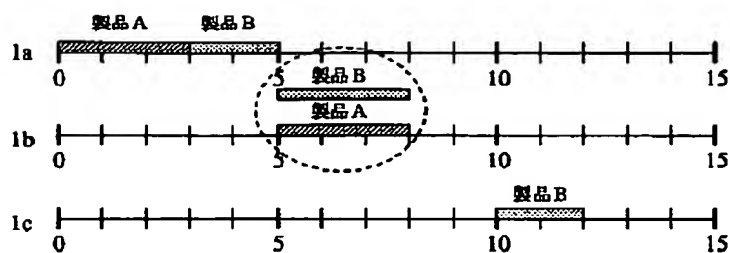
【図2】



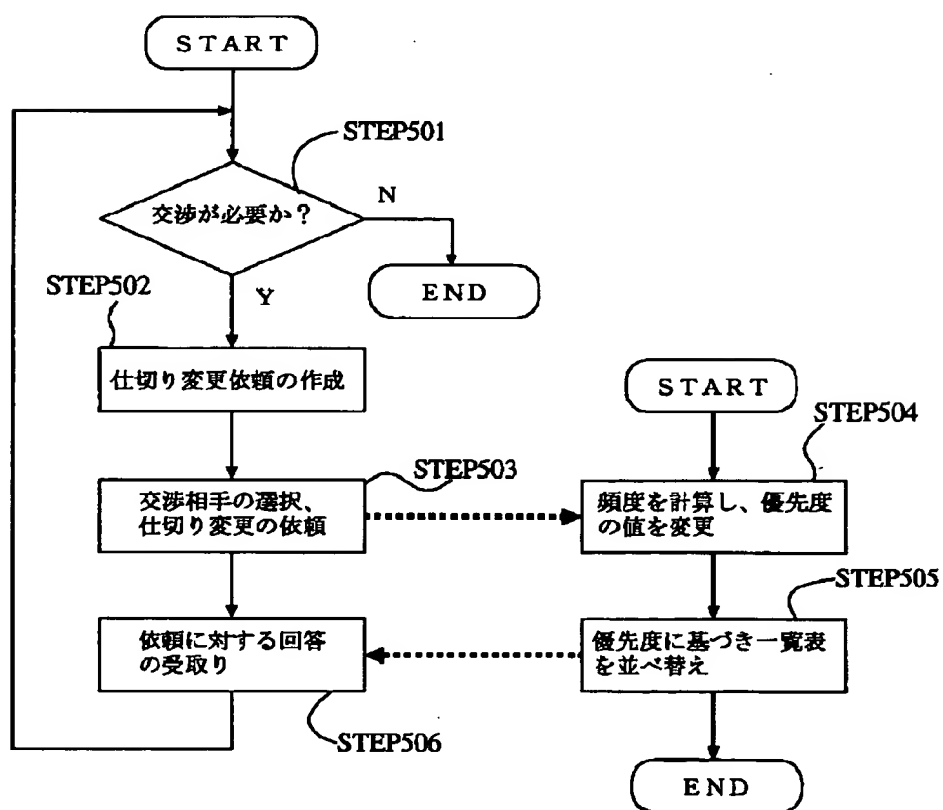
【図3】

分類する観点	役 割			
		上位	対等	下位
取 引	最小	1 交渉相手から 2 回以上拒否回答を受け取った場合		1 交渉相手から 2 回以上拒否を回答した場合
	余裕		初期状態	

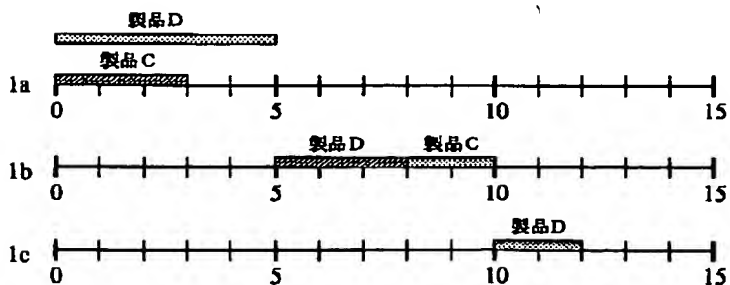
【図4】



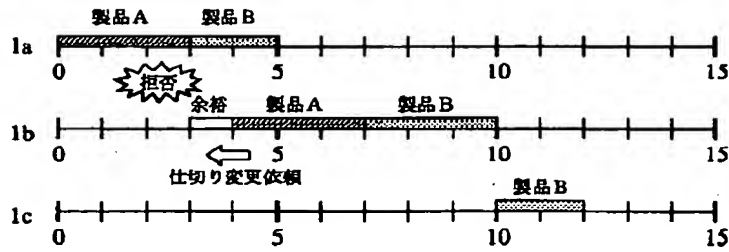
【図5】



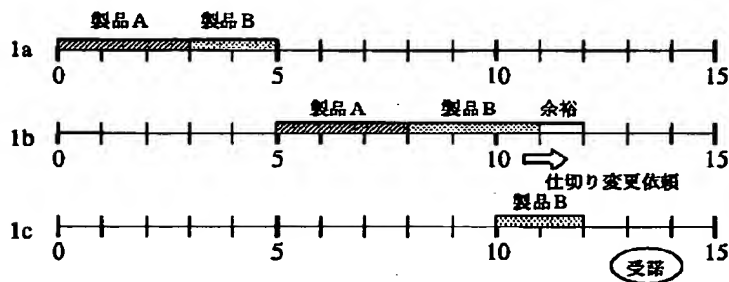
【図8】



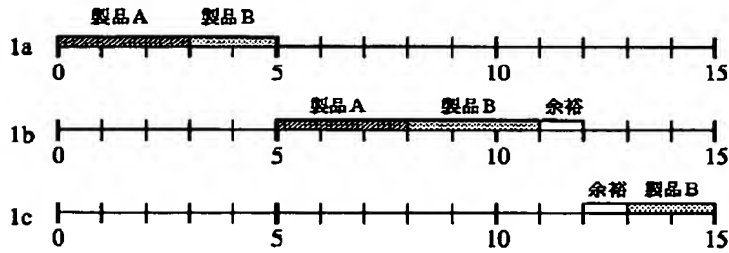
【図6】



(a)

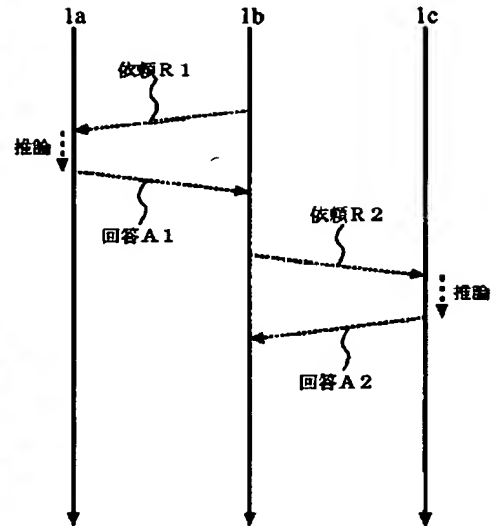


(b)

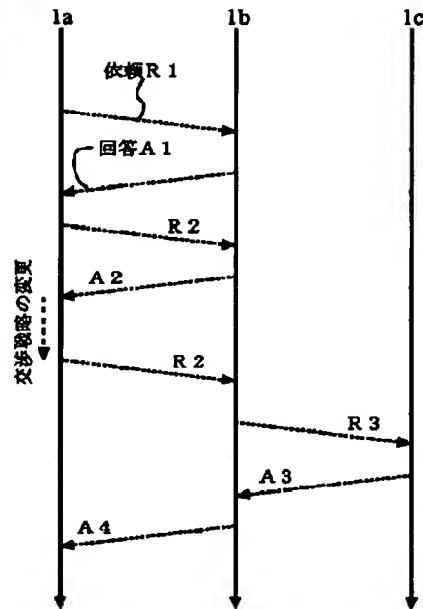


(c)

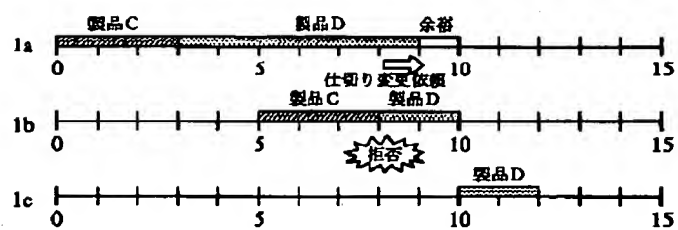
【図7】



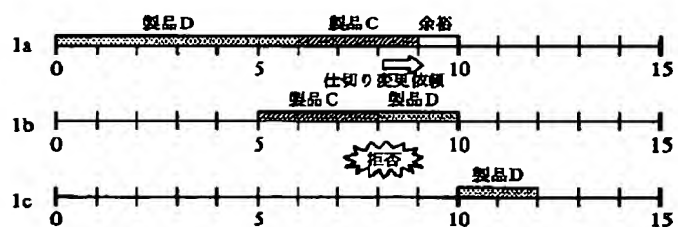
【図10】



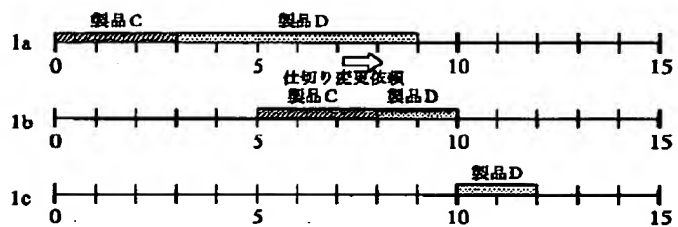
【図9】



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)